SISTEMAS FUNCIONALES

3.1 SISTEMA PROPULSOR (MOTOR).

Lo mismo que un automóvil, una bicicleta o un tren, obviamente, es necesario que un aeroplano cuente con una fuerza que lo impulse. En un avión, esta necesidad se hace más imperiosa, pues mientras que en otras máquinas el impulso solo se necesita para vencer la inercia y la resistencia al avance, en un avión este impulso es vital para producir la circulación de aire en las alas, origen de la sustentación.

Esta fuerza, denominada de tracción cuando se ejerce por delante del motor -tira del avión-, o de empuje si es ejercida por detrás del motor -empuja al avión-, es proporcionada por el sistema propulsor, el cual está constituido por uno o más motores, y en muchos modelos, además por una o más hélices. En este último caso, el elemento que realmente produce la fuerza es la hélice, siendo el motor un mero mecanismo que la hace girar.

La fuerza de tracción o empuje, se obtiene acelerando hacia atrás una masa de aire ambiente a una velocidad superior a la del avión; de acuerdo con la 3ª ley del movimiento de Newton, esta acción provoca una reacción de la misma intensidad pero de sentido opuesto, la cual impulsa el avión hacia adelante. La aceleración de la masa de aire, se logra por la rotación de una hélice, movida por un motor convencional de pistón o una turbina de gas, o por la expulsión a muy alta velocidad del chorro de gases generado por una turbina de gas.

Ambos tipos de motor, de pistón o turbina, convierten la energía química contenida en el combustible en energía mecánica capaz de propulsar al avión, quemando dicho combustible, razón por la cual reciben el nombre de motores de combustión interna.

Dada la extensión del tema, se ha dividido en dos capítulos: este dedicado a los motores, y el siguiente a las hélices.

El que un piloto conozca los principios de funcionamiento del motor, puede ayudarle a obtener una mejor eficiencia del mismo, no someterle a desgastes prematuros ampliando así su vida útil, y en muchos casos evitar fallos y averías. Por razones prácticas, se hace especial hincapié en los motores de pistón, habituales en los aviones ligeros.

3.1.1 Motores de pistón.

Los motores de pistón son los más comunes en la aviación ligera. Estos motores son casi idénticos a los de los automóviles, con tres importantes diferencias:

- Los motores de aviación tienen sistemas de encendido doble. Cada cilindro tiene dos bujías y el motor está servido por dos magnetos, una proporciona energía a todas las bujías "pares" de los cilindros y otra a las bujías "impares". Si una bujía o una magneto se estropea, la otra bujía o la otra magneto siguen haciendo saltar la chispa que enciende el combustible en el cilindro. Un detalle muy importante es que las magnetos, accionadas por el giro del motor, no dependen de la batería para su funcionamiento.
- La mayoría de los motores aeronáuticos están refrigerados por aire. Esta particularidad evita cargar con el peso de un radiador y del refrigerante, y que una avería del sistema de refrigeración o la pérdida de refrigerante provoquen una avería general del motor.
- Como los motores de aviación funcionan a distintas altitudes, el piloto dispone de un control manual de la mezcla, control que utiliza para ajustar la proporción adecuada de aire y combustible de entrada a los cilindros.

Este tipo de motor consta básicamente de cilindros, pistones, bielas y un cigüeñal. En el interior de cada cilindro, un pistón realiza un movimiento de arriba abajo, movimiento que mediante una biela transmite al cigüeñal, de forma que el movimiento rectilíneo del pistón se convierte en movimiento giratorio del cigüeñal. En la parte superior del cilindro, se encuentran normalmente dos bujías, una o más válvulas de entrada de la mezcla, y una o más válvulas de salida de los gases quemados.

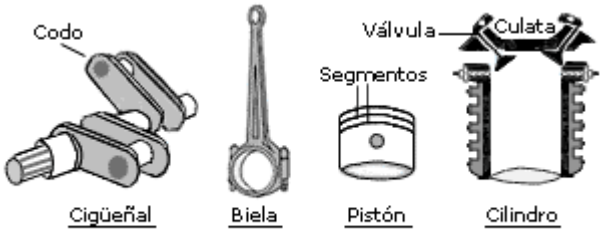

Fig.3.1.1 - Componentes de un motor de pistón.

En aviación, la mayoría de estos motores son de cuatro tiempos, llamados así porque un ciclo completo de trabajo se realiza en cuatro movimientos del pistón:

- Admisión - El pistón situado en la parte superior del cilindro, realiza un movimiento de bajada con la válvula de admisión abierta succionando una mezcla de aire y combustible.
- Compresión - Desde la parte inferior del cilindro, el pistón hace el movimiento de subida estando las válvulas cerradas, lo cual comprime la mezcla admitida en la fase anterior.
- Explosión - Con el pistón en la parte superior, una chispa procedente de las bujías hace explotar la mezcla comprimida de aire y combustible. Esta explosión lanza violentamente al pistón hacia abajo.
- Escape - Desde la parte inferior, al realizar la carrera hacia arriba con la válvula de escape abierta, el pistón empuja y expulsa los gases del cilindro. Al llegar al punto superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión comenzando de nuevo el ciclo: admisión,...

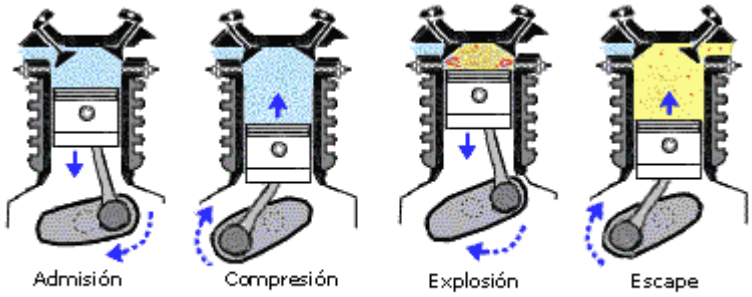

Fig.3.1.2 - Los cuatro tiempos de un motor de explosión.

Si el motor tuviera un solo cilindro, giraría a trompicones, con mucha fuerza en el momento de la explosión pero con menos fuerza en cada tiempo posterior hasta la siguiente explosión. Pero los motores tienen más de un cilindro, y cada uno de ellos se encuentra en una fase distinta de los demás, de forma que las explosiones se suceden a intervalos regulares dando al cigüeñal un giro más constante. Además el cigüeñal incorpora unos contrapesos que ayudan a hacer el giro más regular. Todos los ciclos de un motor de cuatro tiempos se realizan en dos vueltas del cigüeñal.

El movimiento del cigüeñal se transmite a través de engranajes o correas dentadas al árbol de levas, el cual mediante unos empujadores y balancines o a veces directamente, se encarga de abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado. Este giro también se transmite al sistema de ignición, el cual hace saltar la chispa en las bujías en el instante justo. Si la apertura o cierre de las válvulas o el salto de la chispa en las bujías no se realiza de forma perfectamente sincronizada con el movimiento de los pistones, el motor está "fuera de punto".

Lógicamente, para que el motor funcione, es necesario aportarle combustible en la forma adecuada, proporcionarle la corriente que hace saltar la chispa, lubricarle, refrigerarle, etc . Todas estas funciones se detallan en siguientes capítulos de esta sección.

3.1.2 Tipos de motores de pistón.

Atendiendo a la colocación de los cilindros, los motores pueden ser: **horizontales opuestos** (boxer), en los cuales 4 o 6 cilindros están colocados horizontalmente, la mitad de ellos opuestos a la otra mitad; **en línea**, cuando todos los cilindros están colocados uno detrás de otro verticalmente o con una ligera inclinación; **en "V"**, con la mitad de los cilindros en cada rama de la V; **radiales**, cuando los cilindros (entre 5 y 28) están montados en círculo alrededor del cigüeñal, a veces en dos o más bancadas; etc.
Los motores con cilindros horizontales opuestos, tipo boxer, son los más comunes en aviones ligeros.

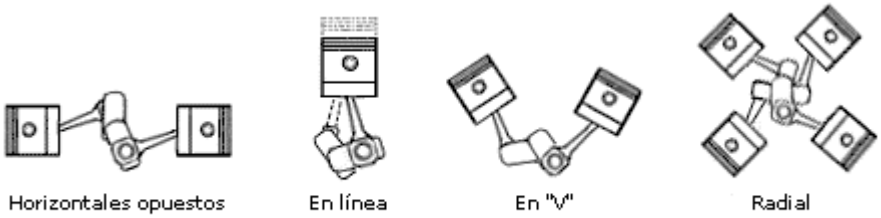

Fig.3.1.3 - Tipos de motor segun colocación de los cilindros.

3.1.3 Turbinas de gas.

Una turbina de gas es una máquina motriz que convierte la energía derivada de la combustión de un elemento, normalmente queroseno, en energía mecánica en forma de chorro de aire de alta presión y elevada temperatura. Esta energía mecánica puede ser aprovechada para mover un mecanismo propulsor tal como la hélice de un aeroplano o el rotor de un helicoptero, o para generar el empuje que impulsa a un avión.

Estas máquinas constan básicamente de cuatro partes: compresor, cámaras de combustión, turbina, y tobera de salida, y su funcionamiento es el siguiente: El aire entra por un gran conducto de entrada a la zona de compresores; en esta zona, un primer rotor con alabes comprime el aire, un segundo rotor lo comprime aún más, y así sucesivamente hasta alcanzar de 10 a 40 veces la presión del aire de entrada. Este aire pasa mediante difusores a las cámaras de combustión, donde un flujo constante de combustible en forma de spray, vapor o ambas cosas, es quemado a una presión casi constante.

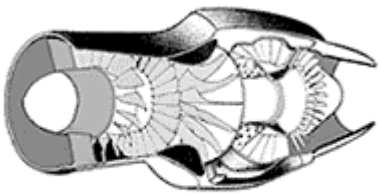

Fig.3.1.4 - Turbina de gas.

La combustión provoca la expansión violenta de los gases producidos, en forma de chorro de alta presión, temperatura (hasta 1500º C) y velocidad. En su camino de salida, el chorro mueve una turbina que comparte eje con los compresores, de manera que parte de la energía del chorro hace girar aquellos, en general a más de 10.000 R.P.M. Por último, este chorro de gases se expele a la atmósfera a través de la tobera de salida.

Si se compara este ciclo de trabajo con el de un motor de pistón, vemos que es similar (admisión, compresión, explosión o combustión, y escape). La diferencia es que mientras en un motor de pistón se producen tantos ciclos de trabajo como número de cilindros hay, por cada dos vueltas del cigüeñal, en una turbina el ciclo de trabajo es un proceso continuo.

Una versión más moderna de turbina es la denominada turbofán. En esta, un gran rotor delante de la sección de compresores produce un flujo de aire a baja presión que no pasa por las cámaras de combustión, sino que es mezclado con el chorro de salida incrementando la masa de aire acelerado. Este sistema de mover grandes volúmenes de aire a una velocidad más baja, incrementa la eficiencia de la turbina consumiendo menos combustible y produciendo un nivel de ruido más bajo.

Puesto que la turbina tiene por diseño un movimiento giratorio, al contrario que los motores de pistón que tienen que convertir el movimiento rectilíneo a movimiento circular, una turbina de gas es más simple que un motor de pistón de potencia equivalente, tiene menos peso, requiere menos mantenimiento, y tiene mayor capacidad de generar potencia; a cambio, consume combustible en mayor cantidad, y ciertas limitaciones termodinámicas que restringen su eficiencia a un 40% de su valor ideal.

En algunos casos, el chorro de aire que sale de turbina vuelve a ser quemado (postcombustión) generando una fuerza de aceleración extraordinaria. Debido al excesivo gasto de combustible de este procedimiento, solo se emplea en el Concorde y en aviones militares supersónicos, y en ambos casos en maniobras muy restringidas.
También, para ayudar en el frenado del avión tras la toma de tierra, las turbinas suelen tener unos dispositivos en la tobera de salida, conocidos como inversores de empuje o reversa, que cambian la dirección de salida del chorro de gases hacia adelante.

3.1.4 Propulsión por turbina.

Existen dos formas generales de convertir la energía del gas de salida de la turbina en fuerza propulsora.

(1) Un rotor colocado en el flujo del chorro extrae la potencia mecánica para mover un propulsor externo, por ejemplo una hélice; en este caso el empuje o tracción es generado por la aceleración de la masa de aire por la hélice. En este tipo de propulsión denominado turbohélice o turbopropulsor, la turbina mueve la hélice a través de un mecanismo reductor. Los turbohélice son más eficaces que los reactores a velocidades de hasta 300 mph, pero pierden eficacia a mayores velocidades. Si la turbina es de tipo turbofán, se obtiene un altísimo flujo de aire usando hélices de paso muy alto.

(2) El chorro de alta energía producido es dirigido a una tobera que acelera el chorro a muy alta velocidad en su salida a la atmósfera; en este caso el empuje es generado por la propia energía del chorro de salida. Este tipo de propulsión se denomina turbojet.

Notas.

La eficiencia de un motor se expresa en términos de potencia, velocidad, y consumo de combustible. En un motor de pistón, parte de la potencia generada en los cilindros se pierde debido a la resistencia por fricción de los elementos mecánicos del motor. Igualmente, hay una gran cantidad de energía contenida en el chorro de gas de una turbina que no es totalmente aprovechada para proporcionar propulsión. La eficiencia mecánica de un motor es la fracción de la energía disponible que es aprovechada para impulsar al aeroplano, comparada con la energía total de la combustión o el chorro de gases.

A la hora de diseñar un motor, dos parámetros importantes a tener en cuenta son su peso y su volumen por el efecto que ambos tienen sobre el rendimiento del aeroplano. Cada motor es diseñado de forma específica para obtener un eficiente consumo de combustible y lograr el más alto rendimiento propulsor, con el menor peso y volumen posible, todo ello en función del rango de velocidades y alturas en que debe operar el avión.

Sumario:

- La fuerza que impulsa al avión, se denomina tracción cuando se ejerce por delante del motor -tira del avión-, y empuje cuando se ejerce por detrás del motor -empuja al avión-.
- Esta fuerza se obtiene acelerando una gran masa de aire. Esta aceleración hacia atrás genera una reacción de sentido contrario, la cual impulsa al avión hacia adelante.
- La aceleración de esa masa de aire, se puede lograr mediante el giro de una hélice, la cual puede ser movida por un motor de pistón o una turbina de gas, o mediante la expulsión de gases a alta velocidad gracias a una turbina de gas. El elemento propulsor es la hélice en el primer caso, y la turbina en el segundo.
- Tanto los motores de pistón como las turbinas, reciben el nombre de motores de combustión interna porque su funcionamiento requiere el quemado de combustible (queroseno, gasolina,...).
- Los motores de pistón utilizados en aviación son casi idénticos a los de los automóviles, salvo tres aspectos característicos: (1) tienen un sistema de encendido doble servido por magnetos independientes de la batería, (2) suelen estar refrigerados por aire para ahorrar el peso que supone el radiador y el liquido refrigerante, y para minimizar las posibles averías por fallo en la refrigeración, y (3) como los aviones operan a distintas alturas, disponen de un control manual de la mezcla, que se utiliza para ajustar la proporción adecuada de aire y combustible según la altura.
- El motor de pistón consta básicamente de unos cilindros, dentro de los cuales se deslizan arriba y abajo unos pistones que mediante las bielas transmiten este movimiento a un cigüeñal. El conjunto está dispuesto de forma que el movimiento rectilíneo de los pistones se convierte en movimiento giratorio del cigüeñal.
- Los ciclos de trabajo de un motor de cuatro tiempos son: admisión, compresión, explosión y escape.
- Conforme la disposición de los cilindros, los motores se denominan: horizontales opuestos (boxer), en línea, en "V", radiales...
- Una turbina de gas es una máquina motriz que convierte la energía de la combustión de queroseno, en energía mecánica en forma de chorro de aire de alta presión y elevada temperatura.
- Esta energía mecánica se aprovecha para mover un mecanismo propulsor tal como la hélice de un aeroplano o para generar el empuje que impulsa a un avión.
- Las turbinas de gas constan básicamente de cuatro partes: compresor, cámaras de combustión, turbina, y tobera de salida.
- Al contrario que en un motor de pistón, el ciclo de trabajo de la turbina es continuo.
- Las turbinas tienen por diseño un movimiento giratorio, en tanto los motores de pistón han de convertir un movimiento rectilíneo en movimiento giratorio.
- En un avión turbohélice o turbopropulsor, una o más turbinas hacen girar una o más hélices que impulsan al avión.
- En un turbojet, el impulso se debe al chorro de gases de salida de la turbina.

© M.A.Muñoz Oct/2000